



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**INSTITUTO DE QUÍMICA**

**Giorgiane dos Santos Pereira**

**AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE DO LÍQUIDO  
PERCOLADO (CHORUME) PROVENIENTE DO  
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**BRASÍLIA-DF**

**2020**

**Giorgiane dos Santos Pereira**

**AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE DO LÍQUIDO  
PERCOLADO (CHORUME) PROVENIENTE DO  
TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS**

Trabalho de conclusão de curso em Química Tecnológica  
apresentado ao Instituto de Química da Universidade de  
Brasília, como requisito parcial para obtenção do título  
de Bacharel em Química Tecnológica.

Orientadora: Prof. Dra. Fernanda Ribeiro do Carmo Damasceno

**BRASÍLIA-DF**

**2020**

***“Não é o que você faz, mas quanto amor você dedica  
no que faz que realmente importa.”***

***Madre Teresa de Calcutá***

## RESUMO

Um dos problemas ambientais recorrentes em todo país é a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) que mostram um total anual de 78,4 milhões de toneladas. Cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos são dispostas em lixões ou aterros controlados. Estes locais não possuem medidas necessárias para o descarte de resíduos, gerando danos ao meio ambiente e danos à saúde de milhões de pessoas que vivem próximas a esses locais (ABRELPE, 2018). O presente trabalho teve como objetivo conhecer o potencial metanogênico específico do lodo anaeróbico da estação de tratamento (ETE) da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), estudar a biodegradabilidade do biochorume proveniente do processo de vermicompostagem utilizando o processo de digestão anaeróbia e verificar a potencialidade do digestato como biofertilizante. O lodo anaeróbico foi caracterizado quanto aos sólidos totais, fixos e voláteis e analisado pelo teste AME para que fosse conhecido o seu potencial de produção de metano. A quantidade de sólidos reportada foi de 32496,66 mg/L de sólidos totais, 11616,33 mg/L de sólidos fixos e 20883,33 mg/L de sólidos voláteis. O teste AME teve como resultado 0,335 de g DQOCH<sub>4</sub>/g SVS.d, obtendo-se então um alto potencial de produção de metano. A DQO do biochorume produzido na vermicompostagem foi de 1500 mg/L. Os testes de biodegradabilidade anaeróbia tiveram como resultados das porcentagens 10%, 20% e 30% uma DQO respectivamente de 422,96 mg/L, 489,30 mg/L e 361 mg/L e uma % DQO<sub>removida</sub> de 71,8%, 67,4% e 75,9%, obtendo-se então remoções significativas de material orgânico. Para avaliar o uso do digestato da digestão anaeróbia do biochorume foram realizadas análises da relação C/N e os resultados obtidos foram para as porcentagens de 10%, 20% e 30% foram respectivamente de 21,66, 28,19, 26,66. As relações C/N encontradas mostram que é interessante a utilização do digestato como biofertilizante por apresentar valores dentro do reportado na literatura.

**Palavras-chaves:** Resíduos orgânicos, chorume, biofertilizantes, digestão anaeróbia, biodegradabilidade, biogás.

## ABSTRACT

One of the recurrent environmental problems throughout the country is the generation of Municipal Solid Waste (RSU) that show an annual total of 78.4 million tons. About 29 million tons of waste are disposed of in controlled dumps or landfills. These sites do not have necessary measures to dispose of waste, causing damage to the environment and damage to the health of millions of people living near these sites (ABRELPE, 2018). The present work aimed to know the specific metanogenic potential of the anaerobic sludge of THE of CAESB, to study the biodegradability of biochorume from the vermicomposting process using the process of anaerobic digestion and to verify the potential of the digestate as biofertilizer. The anaerobic sludge was characterized for total, fixed and volatile solids and analyzed by specific Metanogenic Analysis to know its methane production potential. The amount of solids reported was 32496.66 mg/L of total solids, 11616.33 mg/L of fixed solids and 20883.33 mg/L of volatile solids. The AME test resulted 0,335 from g DQOCH<sub>4</sub>/g SVS.d, thus obtaining a high potential for methane production. The cod of biochorume produced in vermicomposting was 1500 mg/L. The anaerobic biodegradability tests had as results of the percentages 10%, 20% and 30% a COD respectively of 422.96 mg/L, 489.30 mg/L and 361 mg/L and one % COD removed from 71.8%, 67.4% and 75.9%, thus obtaining significant removals of organic material. To evaluate the use of the digestate of anaerobic digestion of biochorume, analyses of the C/N ratio were performed and the results obtained were for the percentages of 10%. 20% and 30% were 21.66, 28.19, 26.66, respectively. The C/N ratios found show that it is interesting to use the digestaite as a biofertilizer because it presents values within the report in the literature.

**Keywords:** Organic waste, slurry, anaerobic digestion, biodegradability, biogas, biofertilizers.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me concedido mais essa vitória. Obrigada por ser meu amparo em todos os momentos difíceis e por me dar todo suporte necessário não só na escrita desse trabalho, mas ao longo de todo o curso.

Agradeço também pelo imenso amor dos meus pais, que me impulsionaram até aqui, sem vocês nada disso seria possível. Minha mãe pelas vezes que cuidou dos meus choros e me acalmou com sua ternura e suas conversas animadoras, sempre acreditando que esse sonho era possível. Meu pai por ser meu pilar de sustentação, sem você eu não conseguiria caminhar a metade do caminho que trilhei, pelas diversas vezes que me deu um pouco de fé com seus abraços e sorrisos contagiantes. Minha irmã e cunhado que sempre foram incríveis e acreditaram nesse sonho junto comigo, cuidando também de mim na ausência dos meus pais. Aos meus sobrinhos Geovanni, Maria e Daniel que foram a alegria dos meus dias difíceis. Ao Bruno por ser minha motivação, pelo carinho, pela ajuda nos momentos difíceis, pelos sorrisos, abraços e por ter me proporcionado um suporte emocional incomparável.

À professora Fernanda Damasceno pela excepcional orientação! Obrigada pela paciência, dedicação, motivação nos momentos difíceis e por me proporcionar tão grande ensinamento. Sem ela, nada disso seria alcançado!

Ao professor Floriano Pastore e Dr. João Peres, que me acolheram no Laboratório de Tecnologia Química (LATEQ) e tornaram minhas tardes alegres e divertidas.

Aos funcionários e pesquisadores do IQ por me dar o suporte necessário para toda a pesquisa, me ajudando na realização de procedimentos e análises necessárias.

Aos meus amigos do curso (Carol, Igor, Saulo, Luiz, Estêvan, Matheus e Isabela) que fizeram essa caminhada se tornar mais leve e muito mais divertida. Aos dias de estudo no Skype, as tardes de sorriso, aos desesperos em conjunto. Obrigada por serem meus companheiros durante essa caminhada.

Aos amigos da engenharia química (Patrick, Letícia, Marcos, João, Kamylla) que eu dividi metade das matérias e foram também parte dessa caminhada. Obrigada pelos dias incríveis e pelas risadas, pelos encontros no amarelinho.

Aos amigos de fora que sempre acreditaram no meu potencial, me dando apoio e acreditando no meu sonho junto comigo.

À Atlética Explosiva e todas as pessoas que fazem parte dessa Atividade pelos aprendizados, pelo companheirismo, pelas atividades esportivas que me proporcionaram uma saúde mental para seguir nessa caminhada. Sem vocês com certeza a caminhada seria menos feliz!

Ao Instituto de Química que deu todo o suporte necessário para a realização desse curso e finalização dessa etapa com esse trabalho.

À CAESB por me conceder o material necessário para a realização desse trabalho.  
Obrigada!

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1.    Objetivo Geral.....	12
2.2.    Objetivos Específicos.....	12
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
3.1.    Resíduos Sólidos Urbanos.....	13
3.2.    Impacto Ambiental dos Resíduos Sólidos Urbanos .....	14
3.3.    Tratamento de Resíduos Sólidos .....	15
3.3.1.    Compostagem.....	16
3.3.2.    Vermicompostagem .....	16
3.3.3.    Digestão Anaeróbia .....	17
3.4.    Biogás.....	19
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>21</b>
4.1.    DQO .....	21
4.2.    Sólidos suspensos e dissolvidos, totais, fixos e voláteis .....	22
4.3.    Volume e composição do biogás.....	23
4.4.    A Atividade Metanogênica Específica (AME) .....	24
4.5.    Carbono Orgânico Total e Nitrogênio total.....	25
4.6.    Teste de Biodegradabilidade Anaeróbia do Chorume.....	25
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
5.1.    Caracterização do Lodo Anaeróbio da ETE da CAESB .....	27
5.2.    Análise Metanogênica Específica .....	27
5.3.    Composição do Biogás.....	29
5.4.    Teste de Biodegradabilidade Anaeróbia do Chorume.....	30
5.5.    Sólidos Suspensos Totais, Fixos e Voláteis .....	30
5.6.    Relação C/N .....	31
5.7.    DQO .....	31
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>33</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>



## **LISTA DE ABREVIACÕES**

AME	Análise Metanogênica Específica
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB)
COT	Carbono Orgânico Total
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de tratamento de esgoto
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SST	Sólidos Suspensos Totais
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
SSF	Sólidos Suspensos Fixos

## 1. INTRODUÇÃO

É de enorme importância uma gestão de RSU, sendo essencial um entendimento embasado na Política Nacional dos Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2017), no Brasil são gerados diariamente cerca de 160 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo composto por 30% a 40% de resíduos que são passíveis de algum tipo de tratamento ou reciclagem. Várias alternativas de tratamento podem ser utilizadas. Os tratamentos são processos de transformações dos resíduos em subprodutos ou materiais inertes ou estáveis. As formas de tratamento mais utilizadas são: reciclagem, compostagem e digestão anaeróbia (RECESA, 2010).

De acordo com Dal Bosco e colaboradores (2017) a matéria orgânica constitui uma parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos, portanto uma opção viável seria a utilização da compostagem como forma de tratamento. Quando usada em escalas municipais, os benefícios podem ser ampliados, como aumentar o tempo de vida útil dos aterros sanitários, diminuir a emissão de gases de efeito estufa, pois o processo de compostagem produz o CO<sub>2</sub> que tem um potencial poluidor 20 vezes menor que o CH<sub>4</sub> (gás produzido nos aterros sanitários). O processo de compostagem produz dois produtos significantes, que seriam o composto (húmus) e o outro produto denominado biochorume, que é a fração líquida (EMBRAPA, 1996).

O chorume é um líquido, de cor escura, subproduto da degradação da matéria orgânica, que contém alta carga poluidora e por isso também é um problema ambiental se descartado de qualquer forma no meio ambiente. O chorume produzido no processo de compostagem, pode ser utilizado como fonte de energia quando submetido à digestão anaeróbia gerando biogás ou usado como biofertilizante quando submetido a diluição. A digestão anaeróbia produz CH<sub>4</sub>, que pode ser utilizado como fonte de energia, sendo uma opção ambientalmente e economicamente viável (SERAFIM *et al.*, 2003).

Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), a utilização de combustíveis fósseis é responsável por cerca de 78% do total de emissões de gases do efeito estufa que provocam o aquecimento global. Com a crise ambiental é necessário se adequar às mudanças que permitam a preservação dos recursos naturais e reduzam os impactos ao meio ambiente. O elevado preço do petróleo juntamente com as causas ambientais oferece argumentos fortes para a utilização de fontes renováveis de energia.

Neste contexto, a utilização de lodo das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) como fonte de biomassa para processo de digestão anaeróbia é bastante interessante do ponto de vista econômico e ambiental (LIMA, 2015), pois o processo de digestão anaeróbia é caracterizado pela conversão da matéria orgânica a biogás (DAMASCENO, 2013).

O biogás é uma fonte renovável de energia que pode ser usado como combustível ou ser transformado em energia elétrica e térmica, apresentando em sua composição gases metano, seguido pelo dióxido de carbono e pequenas quantidades de outros gases, como ácido sulfídrico. Além disso, pode ser obtido por meio da utilização de biodigestores, onde acontece a transformação da matéria orgânica em biogás e biofertilizante (BARBOSA, 2014).

O presente trabalho visa conhecer o potencial metanogênico específico do lodo anaeróbio da ETE da CAESB, estudar a biodegradabilidade do biochorume oriundo do processo de vermicompostagem utilizando o processo de digestão anaeróbia e verificar a potencialidade do digestato como biofertilizante.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo Geral**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a biodegradabilidade anaeróbia do líquido percolado (chorume) proveniente do tratamento de resíduos sólidos orgânicos.

### **2.2.Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- Caracterização físico-química do lodo anaeróbio (biomassa).
- Caracterização físico-química do chorume (percolado).
- Avaliação da Produção Específica de Metano do inóculo utilizado.
- Avaliação da remoção de matéria orgânica no tratamento anaeróbio do líquido percolado (chorume) proveniente o processo de vermicompostagem.
- Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia do chorume.
- Avaliação do potencial para produção de biogás.
- Análise dos bioprodutos resultantes do processo para utilização como biofertilizantes.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Resíduos Sólidos Urbanos**

Os resíduos sólidos podem ser definidos como resíduos que se apresentam nos estados sólido ou semissólido provenientes de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícola. Também entram nessa categoria os lodos advindos de estação de tratamento, produzidos em equipamentos e instalações, líquidos que não podem ser lançados na rede pública de esgoto e corpos d'água que exigem tratamento viável ou tecnologia sustentável disponível (DA SILVA; FUGII; SANTOYO, 2017).

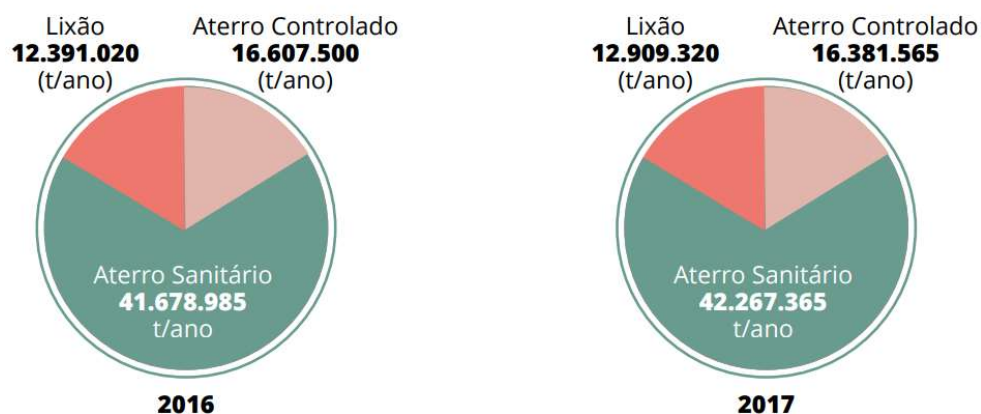
As orientações presentes na Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) definem objetivos de prevenção da poluição a fim de reduzir e evitar a produção de resíduos e poluentes nocivos ao meio ambiente. De acordo com o decreto nº 7.404/2010, define-se uma escala de prioridades frente ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Primeiramente não gerar resíduos, ou evitar a geração que seria a redução na fonte (não geração e redução), em seguida, reaproveitar os resíduos para outras finalidades (reutilizar), reprocessar e utilizar algum tipo de tratamento para que o resíduo ainda tenha uma utilização (reciclar) e por último a disposição final dos rejeitos, quando se esgotarem todos os recursos de tratamentos possíveis. A Figura 1 representa a política dos 3 R's (VIVIANA MARIA ZANTA, 2012; MORGANTI, 2015).



**Figura 1.** Os 3R's. Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Adaptado (MORGANTI, 2015)

Apesar de estar em vigor, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos ainda não refletiu na diminuição da quantidade de resíduos sólidos disposto em aterros sanitários, aterros controlados e lixões. Em 2017 foram dispostos 42,3 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos em aterros sanitários, conforme ilustrado na Figura 2. Além disso, 29 milhões de

toneladas de resíduos foram depositados em lixões ou aterros controlados. Os aterros controlados e lixões não apresentam os parâmetros indispensáveis para preservação do meio ambiente, com riscos claros à saúde de milhões de pessoas (ABRELPE, 2018).



**Figura 2.** Disposição final dos RSU coletados no Brasil (Tonelada/Ano) (ABRELPE, 2018).

### 3.2. Impacto Ambiental dos Resíduos Sólidos Urbanos

Uma das preocupações atuais é a poluição atmosférica, que pode ter vários fatores contribuintes. No Brasil, as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), segundo ao Inventário Nacional das Emissões de Gases de Efeito Estufa (2007), está altamente relacionada ao setor de destinação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). As pesquisas apontam um crescimento no setor de coleta de resíduos, porém ainda existem muitas irregularidades como lixões e aterros controlados (cerca de 75 mil toneladas diárias de resíduos), que não são adequados para a destinação final e que tem um considerável impacto ambiental. A Tabela 1 aponta os principais gases de efeito estufa e suas respectivas fontes (ABRELPE, 2013):

**Tabela 1.** Gases de efeito estufa e seus potenciais de aquecimento global considerados pelo IPCC e seus respectivos potenciais de aquecimento global (ABRELPE, 2013).

Gás	Potencial de Aquecimento Global (do inglês GWP)*	Fontes Típicas
CO <sub>2</sub>	1	Resíduos sólidos urbano, Combustão fóssil, Mudança no uso da terra, desmatamento e produção de cimento
CH <sub>4</sub>	21 (25)	Resíduos sólidos urbano, Agricultura (produção de arroz), aterros de lixo, manejo de animais e minas de carvão
N <sub>2</sub> O	310 (298)	Produção e aplicação de fertilizantes e esgotos
PFCs	CF <sub>4</sub> : 6,500 (7,390) C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> : 9,200 (12,200)	Produção de alumínio
HFCs	HFC-23: 11,700 (14,800)	Refrigerantes
SF <sub>6</sub>	23,900 (22,800)	Transformadores elétricos, produção de magnésio

Outra preocupação com a destinação incorreta dos RSU é a poluição do solo e a poluição hídrica. Ainda que os aterros sanitários sejam uma opção viável e ambientalmente correta, apresentam algumas desvantagens, tais como geração de lixiviado, efluente líquido percolado devido à presença de matéria orgânica. O lançamento desse tipo de efluente em corpos d'água ocasionam problemas como alteração na concentração de gás oxigênio alterando a classe dos receptores e eutrofização (REQUE, 2015).

O chorume (líquido percolado) é caracterizado pela cor escura, de aspecto turvo com alto potencial poluidor, proveniente da degradação de matéria orgânica e inorgânica, devido à ação de microrganismos. Por conta de seu potencial poluidor, o chorume é uma das preocupações ambientais relacionadas ao tratamento de resíduos sólidos (SERAFIM et al., 2003; JOSÉ et al., 2013; REQUE, 2015).

Um dos possíveis destino para o percolado de aterro é utilizando o efluente, após tratamento, na fertirrigação. O uso de RSU na produção agrícola vem sendo pesquisado, pretendendo se beneficiar da carga orgânica que é essencial para o crescimento das plantas. A fertirrigação é um processo em que são aplicados água e fertilizante no mesmo instante nas plantas. A utilização de efluentes como biofertilizantes detém um valor econômico expressivo e é uma solução viável do ponto de vista ambiental (SERAFIM et al., 2003; FILHO, 2010; JOSÉ et al., 2013).

Além da fertirrigação, os biodigestores anaeróbios também são uma boa alternativa para o tratamento de efluentes com alta taxa de material orgânico biodegradável. A partir da digestão anaeróbia são obtidos subprodutos, o biogás ( $\text{CH}_4$ ) que pode ser utilizado como fonte de energia, a parte líquida com uma carga orgânica reduzida e o lodo que é a parte sólida que decanta ficando retido no fundo. Essa opção se torna mais viável, pois a fertirrigação depende da diluição, elevando o custo com o gasto de água, enquanto o uso do digestato (efluente líquido do biodigestor) pode diminuir a utilização de água de irrigação, se tornando economicamente mais viável (WILLIANE VIEIRA MACÊDO; RODRIGO MAIA VALENÇA, GUILHERME BASTOS LYRA, 2017)

### **3.3. Tratamento de Resíduos Sólidos**

Tratamento pode ser definido como uma sequência de ações indicadas para diminuir a quantidade de resíduos sólidos ou reduzir seu potencial de poluição. Diversas formas de redução são utilizadas, como, não realizar descartes dos resíduos em locais inadequados,

processos de transformações dos resíduos em subprodutos ou materiais inertes ou estáveis. As formas de tratamento mais utilizadas são: reciclagem, compostagem, digestão anaeróbia, digestão aeróbia e incineração. Cada tipo de tratamento tem um custo benefício e a escolha deste terá uma relação direta com disponibilidade de área, quantidade de resíduos, custos financeiros, entre outros.

### **3.3.1. Compostagem**

O processo de compostagem pode ser definido como um procedimento controlado, biológico, aeróbio, onde ocorre a decomposição do material orgânico pela ação dos microrganismos, tendo liberação de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e vapor de água, tendo como produto principal do processo, um material estável, rico em compostos orgânicos e humificado, sendo que sua composição é diferente do material inicialmente utilizado na composteira (KIEHL, 2004). Existem várias vantagens ambientais e econômicas do uso da compostagem, dentre elas: decomposição de material orgânico com alto potencial poluidor para um estado de maior estabilidade, diminuição da emissão de gás metano proveniente de processos anaeróbios, aterros sanitários tem sua vida útil prolongada (MASSUKADO, 2008).

### **3.3.2. Vermicompostagem**

De acordo com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), define-se a escala de prioridades para ações que abrangem o gerenciamento dos resíduos sólidos. Os resíduos orgânicos produzidos nos domicílios ocupam o quinto nível da escala de prioridades da PNRS. Composto principalmente por restos de comida sua produção é inevitável, não sendo disponível tecnologias capazes de fazer um novo processamento, muitos desses resíduos acabam em aterros sanitários. Porém esse tipo de resíduo é passível de tratamento como biodigestão anaeróbia, compostagem, vermicompostagem e incineração (DAL BOSCO, 2017).

A vermicompostagem é um método utilizado para degradar matéria orgânica, visando-se sua posterior disposição agrícola, onde os resíduos são transformados em produtos com altas concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e compostos húmicos. Um processo controlado que tem por objetivo estabilizar a matéria orgânica, diminuindo o grau de poluição



e contaminação dos resíduos. As condições necessárias são ambientes aerados (com a presença de gás oxigênio), presença de minhocas, microrganismos e um controle da razão de Carbono e Nitrogênio (C/N). Nesse tipo de processo as minhocas são fundamentais, sendo responsáveis por fragmentar e condicionar o substrato juntamente com os microrganismos que são responsáveis pela biodegradação (DAL BOSCO, 2017).

As etapas da vermicompostagem podem ser divididas em três:

- A primeira etapa consiste na etapa de degradação: fase em que os microrganismos entram em contato com os resíduos, ocorrendo a mineralização, onde o material inicial se transforma em  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e sais inorgânicos.
- A segunda etapa é a de colonização dos resíduos: fase em que as minhocas por meio da digestão e os microrganismos por meio da degradação, transformam as moléculas orgânicas complexas em compostos mais simples.
- Na terceira etapa ocorre a maturação: consiste na mineralização e formação do composto humus. O processo resulta em substâncias estáveis (DAL BOSCO, 2017).

### **3.3.3. Digestão Anaeróbia**

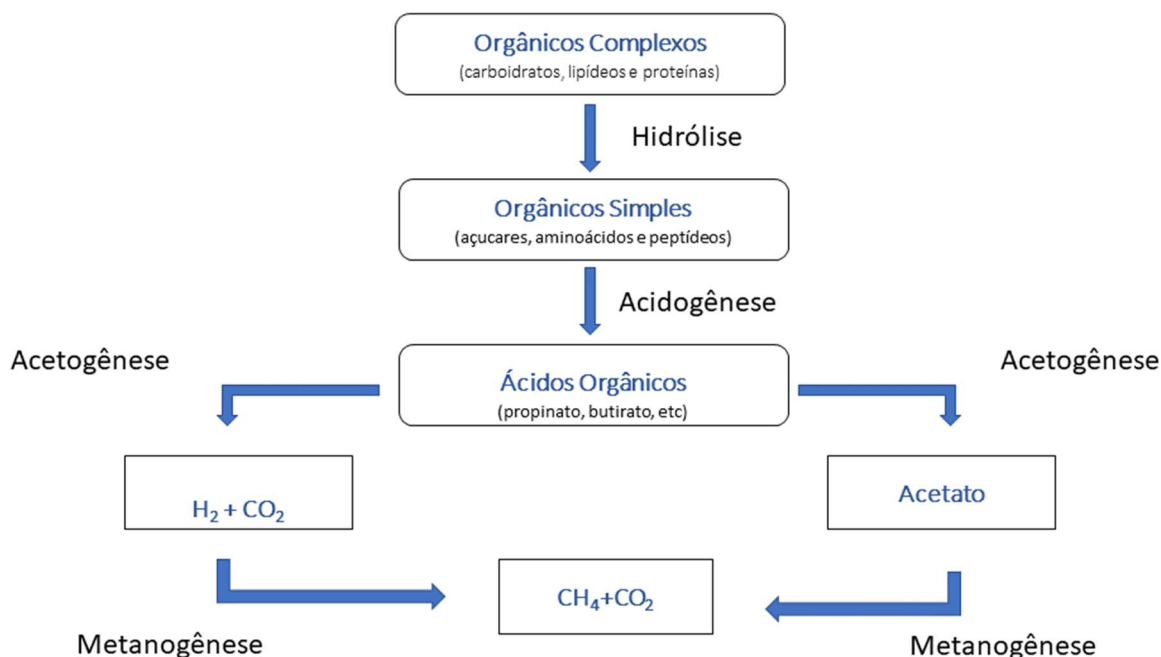
A digestão anaeróbia é um processo de degradação de substratos orgânicos complexos que acontece na ausência do gás oxigênio. O consórcio microbiano que é composto por bactérias facultativas ou totalmente anaeróbias e as arqueas metanogênicas são responsáveis por converter a matéria orgânica nos gases metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (CHERNICHARO, 2007).

Nos processos anaeróbios a produção de biomassa é menor quando comparada processos aeróbios, tem-se uma produção de 10 a 20% do volume produzido no aeróbio. Isso deve-se ao fato de que a multiplicação dos microrganismos requer a presença de oxigênio portanto a taxa de crescimento dos microrganismos na população microbiana é reduzida (CHERNICHARO, 2007).

O processo de Digestão Anaeróbia é dividido em quatro etapas principais e algumas rotas metabólicas que dependerão dos diversos grupos microbianos. As etapas da digestão são:

- Hidrólise: Etapa na qual bactérias fermentativas excretam enzimas (exoenzimas) que são responsáveis por degradar compostos orgânicos complexos como polímeros de carboidratos, lipídeos e proteínas, convertendo-os em compostos orgânicos de cadeias menores e mais simples.
- Acidogênese: Posterior a hidrólise, etapa na qual bactérias facultativas e estritamente anaeróbias convertem os compostos de cadeias menores em compostos ainda mais simples e menores, determinados como ácidos voláteis (fórmico, acético, propanoico, butírico). Nessa etapa o material orgânico formado ainda não é estável, porém a produção é necessária já que os microrganismos que ali estão irão utilizar o material como substrato.
- Acetogênese: etapa na qual as bactérias acetogênicas são responsáveis por oxidar os ácidos voláteis produzidos na fase acidogênica, propiciando substratos que serão utilizados na fase posterior. O hidrogênio ( $H_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e o acetato ( $CH_3COO^-$ ) são os produtos resultantes dessa fase.
- Metanogênese: Nesta fase as arqueas metanogênicas realizam a produção de metano. O grupo de arqueas metanogênicas é subdividido em dois: metanogênicas acetoclásticas e hidrogenofóbicas. O primeiro grupo (acetoclásticas) usam como substrato o metanol ou acetato. Cerca de 60% a 80% de toda a produção de metano são feitas por esse grupo de microrganismo. Já as hidrogenotróficas fazem uma rota diferente, utilizam como substrato o hidrogênio e o dióxido de carbono.
- Outra etapa que também pode ocorrer se no consórcio microbiano apresentar bactérias sulforedutoras e se o substrato possuir presença significativa de sulfatos é a fase sulfetogênese. A sulfetogênese compreende-se pela formação de sulfetos por meio da oxidação de sulfatos e compostos a base de enxofre. (CHERNICHARO, 2007)A Figura 3 apresenta as rotas metabólicas de substâncias orgânicas presentes nos processos de digestão anaeróbia.

**Figura 3.** Etapas da digestão anaeróbia. Adaptado (CHERNICHARO, 2007).



### 3.4. Biogás

O Biogás é uma mistura de compostos gasosos, majoritariamente metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que pode conter ainda concentrações baixas de água (H<sub>2</sub>O vapor) e gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), proveniente de processos de degradação de substrato orgânicos que acontecem na digestão anaeróbia (ZHANG; HU; LEE, 2016).

O metano, principal constituinte do biogás, é um hidrocarboneto que pode ser utilizado como combustível por possuir um poder calorífico significativo. A utilização do biogás como fonte de energia pode se dar pela queima do gás ou pela conversão em energia térmica em energia elétrica. Considerado uma fonte de energia renovável, proporciona energia e contribui com a diminuição do lançamento de gases na atmosfera que são responsáveis pelo aquecimento global. Geralmente utiliza-se o biogás como combustível em aquecedores, turbinas, fogões, secadores, tratores elétricos, motores que geram energia elétrica e vários outros processos (ANTÔNIO; PRADO, 2006).

A redução do uso de combustíveis provenientes do petróleo aliado a utilização do biogás em larga escala como fonte de energia diminuiria consideravelmente os impactos ambientais (OLIVEIRA, 2009).

O Brasil apresenta algumas alternativas que podem expandir a sua matriz energética, como novas fontes de energia renováveis. Uma dessas fontes conhecidas e utilizadas é o biogás, porém sua capacidade ainda não é totalmente explorada. Atualmente a produção de biogás corresponde somente 1,34% do potencial total, sendo que sua capacidade pode suprir cerca de 40% da demanda nacional de energia elétrica e diminuir o consumo do diesel em 70%. Sua utilização impulsionaria um desenvolvimento econômico e social de forma mais sustentável e poderia suprir certos setores acarretando uma economia energética. (VIVIANA MARIA ZANTA, 2012; ALLAN RIBEIRO MACHADO, 2019). A Tabela 2 apresenta a produção de biogás a partir de diferentes tipos de substrato:

**Tabela 2.** Quantidade em volume de biogás produzido segundo a origem do substrato. (ALLAN RIBEIRO MACHADO, 2019)

<b>Origem do substrato</b>	<b>Quantidade de plantas</b>		<b>Produção média de biogás (Nm<sup>3</sup>/dia)</b>	
Agropecuária	179	65%	255.272	8%
Indústria	64	23%	489.985	16%
RSU ou Esgoto	33	12%	2.365.614	76%
<b>Total</b>	<b>276</b>	<b>-</b>	<b>3.110.871</b>	<b>-</b>

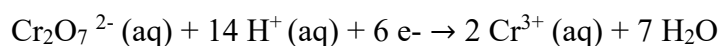
#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira etapa consistiu em avaliar a produção específica de metano do lodo anaeróbio do biodigestor da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da CAESB. A produção foi avaliada utilizando o teste da atividade metanogênica específica (AME) de acordo com a metodologia descrita na literatura (CHERNICHARO, 2007). Na segunda etapa foi avaliado a biodegradabilidade anaeróbia do chorume proveniente do processo de vermicompostagem. Foram feitos 3 ensaios com chorume com porcentagens respectivas de 10%, 20% e 30%, além de um teste controle (sem adição de chorume). Os ensaios físico-químicos utilizados para analisar a biodegradabilidade foram: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total (NT). O lodo anaeróbio foi caracterizado quanto a quantidade de sólidos (totais, fixos e voláteis) de acordo com a metodologia descrita na literatura (APHA, 2005).

##### 4.1. Demanda Química de Oxigênio

Existem alguns indicadores de poluição orgânica, dentre eles temos a Demanda Química de Oxigênio (DQO) que é um indicador de teor de matéria orgânica. O método se baseia na concentração de oxigênio gasto para oxidar uma certa quantidade de matéria orgânica, seja ela biodegradável ou não por ação de um agente oxidante forte. É um método largamente utilizado para indicar o teor de matéria orgânica em águas residuárias. Na maioria das estações de tratamento de efluente (ETE) este tipo de monitoramento é frequente. Para que os lançamentos de efluentes sejam feitos nos corpos d'água alguns requisitos precisam ser adequados seguindo as legislações ambientais que determinam limites máximos de DQO em seus padrões de lançamento. (VALENTE; PADILHA; MARQUES, 1997; AQUINO; SILVA; L.CHERNICHARO, 2006)

A DQO pode ser determinada utilizando dois métodos diferentes, colorimétrico e o titulométrico. Apesar de existirem vários tipos de oxidantes que podem ser utilizados para a medição da DQO, o agente oxidante mais comum é o dicromato. De acordo com a reação de oxidação do dicromato, como pode ser observado: (VALENTE; PADILHA; MARQUES, 1997)



Para a determinação da DQO nos experimentos realizados nesse trabalho foi utilizado o método colorimétrico, tendo como agente oxidante Dicromato de Potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) em meio ácido, Sulfato de Prata ( $Ag_2SO_4$ ) como catalisador e para diminuir a interferência causada pelos cloretos foi adicionado o Sulfato de Mercúrio ( $HgSO_4$ ). Para análise foram preparados 2 mL de amostra concentrada ou diluída que foi colocado em frascos reacionais (tipo Hach), em seguida foram adicionados 2 mL de solução de dicromato de potássio (0,0347 M e com  $HgSO_4$  0,1125 M ou 33,3 g/L) e 3,5 mL da solução de ácido sulfúrico com Sulfato de Prata (5,5 g $Ag_2SO_4$ /kg $H_2SO_4$ ). Brancos também foram feitos com água destilada no lugar das amostras. Em seguida os tubos foram tampados e colocados no termoreator a 150° C durante duas horas para a digestão. Terminada a digestão, os tubos eram resfriados e levados para a leitura da absorbância em um fotômetro (Hach, DR 5000), que tem o objetivo de detectar a quantidade de cromo ( $Cr^{+3}$ ) que foi reduzida de acordo com os padrões do Standard Methods (APHA, 2005).

Para calcular a remoção biológica de DQO utilizamos a diferença entre a DQO de entrada (afluente) e a DQO saída (efluente), tendo então a porcentagem de remoção de DQO indicada pela equação (CHERNICHARO, 2007):

$$\%DQO_{remov} = \frac{DQO_{Aflu} - DQO_{eflu}}{DQO_{Aflu}} \times 100$$

Sendo:

$\% DQO_{remov}$  = porcentagem de DQO removida

$DQO_{Aflu}$  = Concentração de DQO afluente

$DQO_{eflu}$  = Concentração de DQO efluente

#### 4.2. Sólidos suspensos e dissolvidos, totais, fixos e voláteis

Para a quantificação dos sólidos suspensos totais, fixos e voláteis foram utilizadas amostras de biomassa que foram centrifugadas a 5000 rpm, por 15 minutos, transferidas para cápsulas de porcelanas previamente taradas (calcinadas em mufla e resfriadas no dessecador) (P1). Em seguida o conjunto (capsula e amostra) foram submetidos à aquecimento em estufa à 105° C (P2). A última etapa foi transferir os conjuntos para a mufla à 550° C durante 30 minutos, depois foram resfriados no dessecador e pesados (P3). Para a determinação das

concentrações de sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF) e sólidos suspensos voláteis (SSV) foram usadas as equações a seguir (APHA, 2005).

$$SST = \frac{(P_2 - P_1) \cdot 10^6}{V_a}$$

$$SSF = \frac{(P_3 - P_1) \cdot 10^6}{V_a}$$

$$SSV = \frac{(P_3 - P_2) \cdot 10^6}{V_a}$$

Sendo:

SST = sólidos suspensos totais (mg/L)

SSF = sólidos suspensos fixos (mg/L)

SSV = sólidos suspensos voláteis (mg/L)

P<sub>1</sub> = peso da cápsula vazia (g)

P<sub>2</sub> = peso do conjunto (cápsula + resíduo) após estufa (g)

P<sub>3</sub> = peso do conjunto (cápsula + resíduo) após mufla (g)

V<sub>a</sub> = volume de amostra (mL)

#### **4.3. Volume e composição do biogás**

Na determinação do volume e composição do biogás foram usadas seringas plásticas graduadas de 10 e 20 mL conectadas aos frascos de penicilina que permitiram acompanhar o volume de biogás gerado pelo deslocamento do êmbolo das seringas. Para analisar a composição do biogás foi utilizada a cromatografia gasosa (Agilent 7890<sup>a</sup>). O biogás obtido era transferido para uma micro seringa, gastight, de 50 µL da Hamilton e um frasco menor vedado por um septo por onde foram retiradas as alíquotas para as diluições. As condições utilizadas na cromatografia foram:

Coluna- Carboxen 1010 PLOT – 30 m x 0,53 mm

Temperatura da coluna - 50°C

Detector – condutividade térmica (TCD)

Temperatura do detector – 180°C

Temperatura do injetor - 90°C

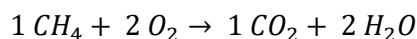
Gás de arraste – Hélio

Tempo de análise – 10 minutos

#### 4.4. A Atividade Metanogênica Específica (AME)

A Atividade Metanogênica específica é o teste que avalia a capacidade máxima de produção de metano realizada por um conjunto de microrganismos anaeróbios, que se opera em parâmetros controlados (CHERNICHARO, 2007). O teste foi realizado utilizando frascos de penicilina de 100 mL, 10% de “headspace”, com agitação, a 35° C, por 14 dias, dispondo de lodo anaeróbio de concentração inicial 2,0 g STV/L e como concentração de substrato (solução de glicose) 2,5 g DQO/L. O volume de biogás obtido foi mensurado pelo deslocamento do embolo das seringas de 20 mL, conectadas aos frascos de penicilina. Por meio das quantidades de biomassa (g SVS) e substrato (g DQO), padronizadas, avaliou-se a produção do gás metano durante o período de teste (CHERNICHARO, 2007)

A AME pode ser determinada no gráfico "volume acumulado de metano" versus "tempo de incubação". O resultado de AME é expresso como  $\text{gDQO}_{\text{CH}_4}/\text{gSSV.d}$ , é preciso conhecer também a massa de lodo inoculada (em gramas de SSV), bem como converter a produção volumétrica de metano (Ex.  $\text{ml CH}_4/\text{d}$ ) em DQO ( $\text{gDQO}/\text{d}$ ). Isso pode ser feito sabendo-se o coeficiente estequiométrico de oxidação do metano (AQUINO et al., 2007).



A Equação mostra que 1 mol de metano equivale a 2 moles de  $\text{O}_2$  ou 64 g de DQO. Como 1 mol de qualquer gás, na CNTP (0 °C e 1 atm), ocupa um volume de 22,7 L, pode-se dizer que 1 g de DQO destruída equivale, na CNTP, a 0,354 L de metano formado. Nas condições em que a produção de metano foi determinada, 1 mol de metano ocupará um volume de 25,19 L. Desta forma é possível dizer que a 30 °C e 1 atm, 394 ml de metano produzido equivalem a 1 g de DQO destruída. Através dessa correlação é possível expressar a taxa máxima de produção de metano determinada graficamente em equivalentes de DQO ( $\text{gDQO}_{\text{CH}_4}/\text{d}$ ) (AQUINO et al., 2007).

Sendo:

$V_{\text{CH}_4}$  = volume de metano produzido (L);



$DQO_{CH_4}$  = carga de DQO removida no reator e convertida em metano (g DQO);

$K(t)$  = fator de correção para a temperatura operacional do reator (g DQO/L).



**Figura 4.** Ilustração do procedimento do teste AME, utilizando seringas graduadas para medir o volume de biogás produzido.

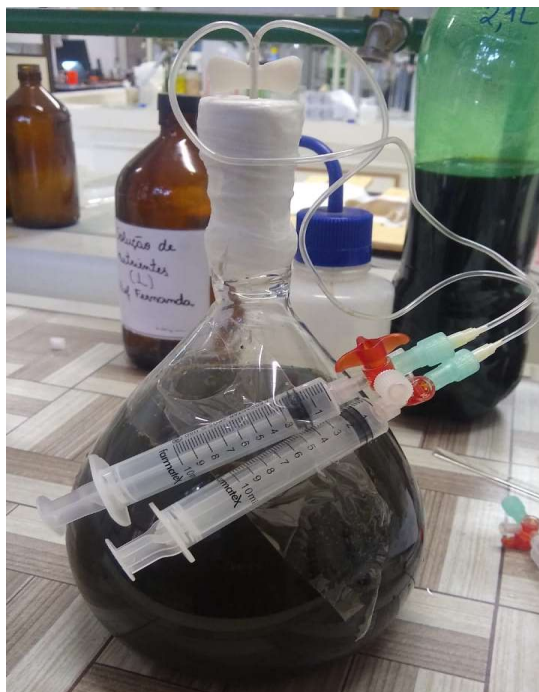
#### **4.5. Carbono Orgânico Total e Nitrogênio total**

O teor de carbono orgânico total (COT) e Nitrogênio total foram obtidos a partir da análise de 15 mL das amostras de digestato retirado do digestor anaeróbio. As medidas foram realizadas no equipamento Analisador de Carbono Total, da marca AnalytkJena, modelo multi N/C 3100. Esta análise foi realizada na Central Analítica do Instituto de Química da Universidade de Brasília (CAIQ-UnB). O analisador de carbono total (TOC) quantifica os elementos Carbono e Nitrogênio via combustão catalítica e pode ser operado para se obter dados de TC (Carbono Total), TIC (Carbono Inorgânico Total), TOC diferencial (Carbono Orgânico total pela diferença entre TC e TIC), NPOC (Carbono Orgânico Não-Purgável) e TN (Nitrogênio Total).

#### **4.6. Teste de Biodegradabilidade Anaeróbia do Chorume**

Nessa etapa do presente trabalho foi feita novamente a caracterização do lodo anaeróbio utilizado, quanto à quantidade de sólidos totais, fixos e voláteis. Foi feito no início e no final da pesquisa. A análise de sólidos totais foi feita novamente porque o lodo ficou em um galão sem receber substrato e isso acarretou numa diminuição da sua atividade metabólica, necessitando de uma etapa de aclimação. Foram feitos 4 ensaios com porcentagens de chorume diferentes. A primeira foi feita só com solução de glicose. Já os

ensaios seguintes foram com 10%, 20% e 30% de chorume. O recipiente utilizado está representado na Figura 5. Foram feitos em batelada e cada teste durou em média 14 dias.



**Figura 5.** Digestor anaeróbio feito em um balão de 1L com seringas graduadas para a captação de biogás.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Caracterização do Lodo Anaeróbio da ETE da CAESB

O lodo anaeróbio usado foi coletado no biodigestor anaeróbio em operação na ETE da CAESB e a biomassa foi caracterizada em teor de sólidos suspensos totais, fixos e voláteis de acordo com procedimentos descritos no *Standart Methods* (APHA, 2005). A caracterização do lodo empregado nos ensaios de biodegradabilidade anaeróbia está apresentada na Tabela 3.

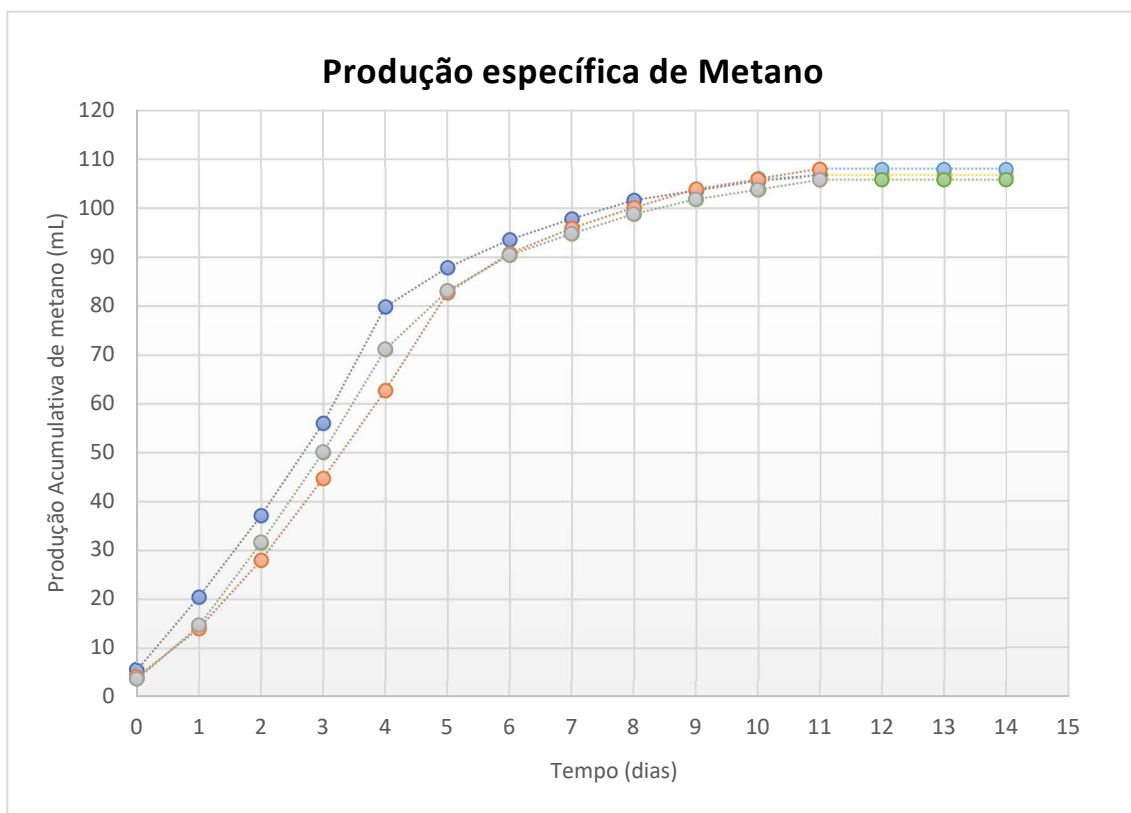
**Tabela 3.** Caracterização do lodo anaeróbio utilizado como inóculo

Parâmetros	Valor médio (mg/L)	Desvio padrão
SST	32497	4581
SSF	11616	321
SSV	20883	3487

A fração orgânica foi avaliada pelo teor de sólidos suspensos voláteis (SSV) presente no lodo anaeróbio. O valor obtido foi de 20883,33 mg/L de SSV, correspondente 64,26 % dos Sólidos Totais presentes na amostra. Ramos e colaboradores (2008) descreve um teor de 16325 mg/L de SSV no lodo analisado, assim como Abreu e colaboradores (2003), observou que o lodo analisado apresentava uma fração orgânica de 31499 mg/L. Chernicharo e colaboradores (2007) relata que para a Avaliação Metanogênica Específica (AME) a concentração do inóculo deve estar entre 2,0 g SSV/L e 5,0 g SSV/L. Logo, os resultados encontrados estão de acordo com a literatura, indicando que o lodo anaeróbio da ETE da CAESB pode ser aplicado como inóculo na digestão anaeróbia de resíduos orgânicos e utilizado no teste AME.

### 5.2. Análise Metanogênica Específica

A determinação da atividade metanogênica específica (AME) do lodo 0,335 g DQOCH<sub>4</sub>/g SVS.d foi feita de acordo com a metodologia descrita em 4.4. O resultado obtido está de acordo com os citados na literatura 0,17 – 0,23 g DQOCH<sub>4</sub>/g SVS.d (BARBOSA, 1988) e 0,10 – 0,25 g DQOCH<sub>4</sub>/g SVS.d (SCHELLINKHOUT et. al., 1985). O valor obtido indica que o lodo apresentava uma ótima atividade metanogênica e poderia ser usado nos testes de biodegradabilidade anaeróbia do chorume.



**Figura 6.** Teste AME: Resultados da produção cumulativa.

Segundo o autor Chernicharo e colaboradores (2007) a Atividade Metanogênica Específica pode ser determinada utilizando a inclinação do trecho reto da curva de produção de metano (trecho de inclinação máxima).

A DQO inicial da solução de glicose utilizada no teste AME foi de 1986 mg/L e a DQO do digestato (DQO final) foi de 94,4 mg/L. O valor referente a DQO removida é de 1893,6 mg/L.

$$\text{DQO removida} = \text{DQO}_{\text{glicose}} - \text{DQO}_{\text{digestato}}$$

De acordo com a Figura 6 a produção efetiva de metano ocorreu entre os 2 e 8, permanecendo constante do dia 9 ao dia 14. A produção de metano não ocorre no primeiro dia visto que o consórcio microbiano presente no lodo anaeróbio estava alguns dias sem receber substrato o que pode ter acarretado uma fase lag por parte dos microrganismos. Como a partir do dia 9 a produção permanece constante, não seria necessário deixar a digestão ocorrer até o 15º dia caso outros ensaios fossem necessários.

### 5.3. Composição do Biogás

A composição do biogás produzido no teste AME foi determinada por cromatografia gasosa como descrito em 4.3. A Figura 7 refere-se a curva de calibração feita para a determinação da composição do biogás. Utilizando a equação da reta tem-se as respectivas concentrações de metano apresentadas na Tabela 4.

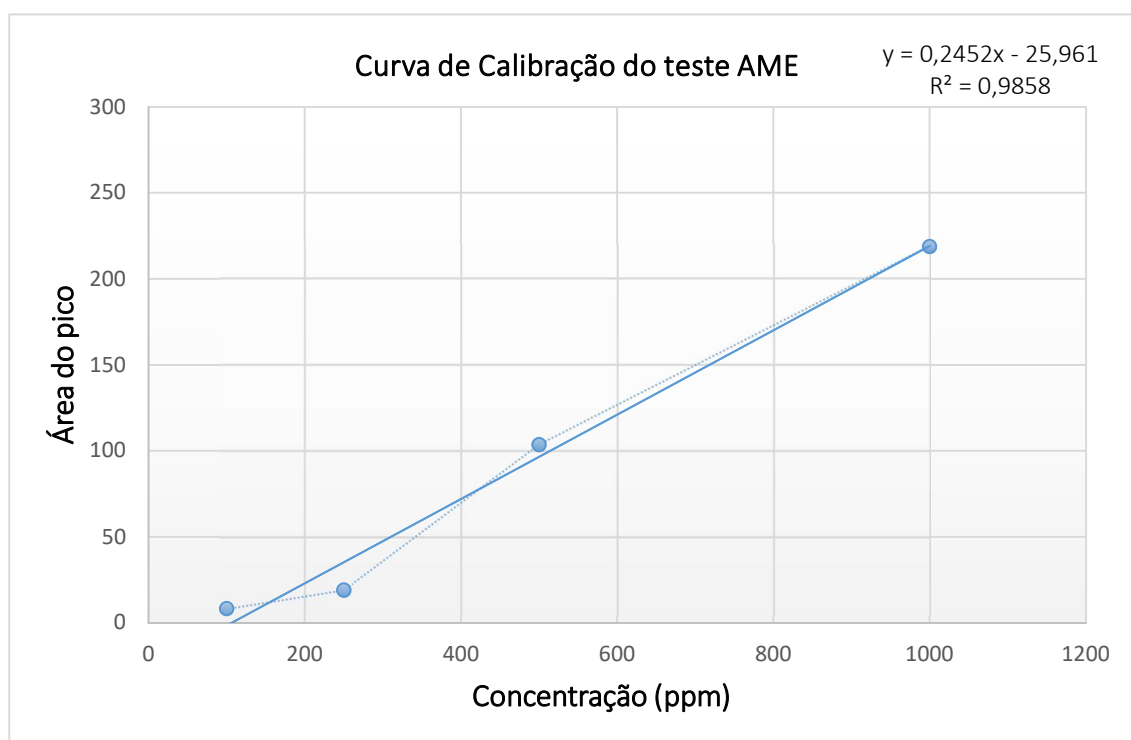


Figura 7.

Curva de calibração da composição do biogás produzido no teste AME.

Tabela 4. Concentrações de Metano encontradas na Cromatografia Gasosa.

	Área do Pico	Concentração (ppm)
Amostra	160,4	759,78
Amostra	150,1	717,37

A média do valor obtido foi 738,57 ppm e a porcentagem de metano foi de 73,85 % de acordo com os cálculos. Os gases provenientes do processo de digestão anaeróbia geralmente são chamados de biogás. A composição do biogás é então uma mistura majoritária de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> e pequenas frações de outros gases (H<sub>2</sub>S, vapor de H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>). A produção alta e estável de CH<sub>4</sub> aponta uma digestão anaeróbia efetiva (CHERNICHARO, 2007). Portanto,

porcentagem (73,85%) de gás metano proveniente da digestão anaeróbia do teste AME pode ser considerada satisfatória.

#### 5.4. Teste de Biodegradabilidade Anaeróbia do Chorume

Para avaliar a biodegradabilidade anaeróbia do chorume foram analisados os digestatos de cada condição pré-estabelecida após a digestão anaeróbia conforme descrito na 4.6. Os parâmetros analisados foram sólidos totais, fixos e voláteis do lodo anaeróbio, DQO e relação C/N do digestato.

##### 5.4.1. Sólidos Suspensos Totais, Fixos e Voláteis

A análise de sólidos do lodo anaeróbio foi realizada no início e no final dos testes de biodegradabilidade anaeróbia. Os resultados obtidos estão na Tabela 5:

**Tabela 5.** Teor de Sólidos no Início e Fim dos testes de biodegradabilidade.

	<b>Sólidos Totais (mg/L)</b>	<b>Sólidos Fixos (mg/L)</b>	<b>Sólidos Voláteis (mg/L)</b>
<b>Início</b>	18291	6386	11905
<b>Fim</b>	21117	8277	12840

O valor obtido anteriormente no teste AME foi de 20883,33 mg/L de sólidos suspensos voláteis. Já na segunda etapa do trabalho pode-se observar uma diminuição no teor de sólidos voláteis que teve um valor inicialmente de 11905 mg/L, tendo uma redução de aproximadamente 43%. Isso deve-se ao fato de que o lodo anaeróbio ficou várias semanas dentro de um galão sem receber substrato e sem refrigeração.

Em comparação do início para o fim do teste de biodegradabilidade temos um crescimento de 7,8 %. A taxa de crescimento do lodo anaeróbio foi relativamente baixa e isso pode ser visto como uma vantagem do tratamento, já que o descarte de lodo também é um problema ambiental. Quando comparado ao crescimento de lodos aeróbios que tem as taxas de crescimentos muito mais elevadas.

### 5.4.2. Relação C/N

Os resultados obtidos foram dispostos na Tabela 6:

**Tabela 6.** Relação C/N do digestato com diferentes concentrações de chorume.

<b>Porcentagens de Chorume</b>	<b>Relação C/N</b>
<b>10%</b>	21,66
<b>20%</b>	28,19
<b>30%</b>	26,66

A relação C/N obtida após a digestão anaeróbia da solução contendo glicose e chorume nas diferentes porcentagens de chorume 10%, 20% e 30% foram respectivamente 21,66, 28,19, 26,66. Os valores obtidos estão dentro do recomendado entre 20 a 35 para a biodigestão anaeróbia de resíduos orgânicos (KHALID *et al.*, 2011 e PUYUELO *et al.*, 2011).

Benaci e colaboradores (2010) descreve que o carbono orgânico é essencial para o solo e os processos que acontecem nele. Uma das funções da matéria orgânica presente no solo é aumentar a infiltração de água, em decorrência disso o solo fica mais compactado e sua vulnerabilidade à desertificação e erosão é reduzida. O setor agrícola tem sido apontado como consumidor de 70% das reservas globais de água doce (EMBRAPA, 2017). Logo, a utilização do digestato como biofertilizante seria uma aplicação interessante do ponto de vista econômico e ambiental, por se tratar de um resíduo que seria descartado e pode ser reaproveitado.

### 5.5. DQO

Os resultados obtidos na análise de Demanda química de Oxigênio foram dispostos na Tabela 7:

**Tabela 7.** Relação da concentração de chorume com a porcentagem de DQO removida no processo de digestão anaeróbia.

<b>Chorume (%)</b>	<b>DQO afluente (mg/L)</b>	<b>DQO efluente (mg/L)</b>	<b>DQO removida (%)</b>
<b>0</b>	1986	341,3	82,8
<b>10</b>	1500	422,9	71,8
<b>20</b>	1500	489,3	67,4

<b>30</b>	1500	361,0	75,9
-----------	------	-------	------

A DQO inicial do chorume foi de 1500 mg/L .

Lima e colaboradores (2005) descreve que a eficiência de remoção de DQO na digestão anaeróbia se situa entre 55 e 70 %. Portanto os resultados obtidos da DQO removida 82,8%, 71,8%, 67,4% e 75,9% estão de acordo com a literatura, alguns ainda tendo uma maior eficiência. As porcentagens apresentadas são interessantes para uma possível utilização do digestato no processo de fertirrigação por possuir um percentual residual de matéria orgânica que seria utilizado como complementação de nutrientes do solo. Além disso, o fator econômico também é importante, pois gastos com diluição do chorume seriam menores quando comparado com a utilização direta como biofertilizante. Como Nunes e colaboradores (2015) encontraram 25% sendo o melhor fator de diluição para a utilização como a melhor direta de chorume como biofertilizante, o que expressa a necessidade de uma diluição antes de ser aplicado no solo.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu um estudo mais aprofundado sobre possibilidades de tratamentos para resíduos orgânicos visto que atualmente tem-se um impacto ambiental relacionado ao descarte indevido de efluentes com altas cargas orgânicas. Os resultados relacionados ao teste AME foram promissores, revelando que o lodo anaeróbio da ETE da CAESB possui um alto potencial de produção de metano, podendo ser utilizado futuramente com efluentes com cargas orgânicas para a produção de biogás. A utilização dos dois resíduos para produção do biogás também é algo economicamente interessante.

Analisando a biodegradabilidade do biochorume produzido no processo de vermicompostagem, pode-se inferir dos resultados que utilizar a digestão anaeróbia como tratamento do efluente pode ser um meio viável e os produtos da digestão são interessantes do ponto de vista ambiental e econômico. Os resultados demonstram que a utilização direta do chorume como fertilizante não é tão interessante visto que são necessários altos gastos de volume de água para sua diluição. Em contrapartida quando se utiliza a digestão anaeróbia no tratamento do chorume, tem-se dois produtos: o biogás e o digestato que possui uma carga orgânica menor que o chorume e uma relação C/N interessantes para sua utilização como biofertilizante.

A produção de biogás a partir do chorume tem que ser estudada mais a fundo em outros trabalhos, para que se possa conhecer o potencial de produção desse efluente. Por ser um efluente que vem de uma vermicompostagem, diferentemente do chorume produzido em aterros sanitários, que muitas vezes possui uma toxicidade relativa, atrapalhando o metabolismo do consórcio microbiano, o biochorume tem características relevantes para a produção de biogás e biofertilizante.

## 7. REFERÊNCIAS

- ABRELPE, A. B. de E. de L. P. e R. E. Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético.
- ABRELPE, A. B. de E. de L. P. e R. E. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017.
- ALLAN RIBEIRO MACHADO. Potencialidades e Desafios da Utilização de Biogás para o Transporte e Geração de Energia. 2019. Universidade Federal de Santa Maria, 2019.
- ANTÔNIO, M.; PRADO. PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO TRATAMENTO DOS EFLUENTES LÍQUIDOS DE Coffea SECAGEM DO CAFÉ. 2006. Universidade Federal de Lavras, 2006.
- AQUINO, S. F. de; SILVA, S. de queiroz; L.CHERNICHARO, C. A. Considerações Práticas sobre o Teste de Demanda Química de Oxigênio (DQO) Aplicado a Análise de Efluentes Anaeróbios. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 11, n. 4, p. 295–304, 2006.
- AQUINO, S. F. et al. Metodologias para determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 12, n. 2, p. 192–201, 2007.
- BARBOSA, F. R. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA DIGESTÃO ANAERÓBICA: ESTUDO DE CASO EM UMA FÁBRICA DE CHOCOLATE. 2014. Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.
- BARBOSA, R. Tratamento anaeróbio de esgoto sanitário em reator de fluxo ascendente com leito de lodo. Dissertação (Mestrado em Engenharia). COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. Brasil. 1988. 242 p.
- Brasil. (2016). Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília-DF, 2 ago. 2010. Recuperado em 15 novembro, 2016, de [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm).
- CHERNICHARO, C. A. de L. Reatores anaeróbios. 2º ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2007.379 p.
- DA SILVA, C. L.; FUGII, G. M.; SANTOYO, A. H. Proposta de um modelo de avaliação das ações do poder público municipal perante as políticas de gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: um estudo aplicado ao município de Curitiba. Urbe, v. 9, n. 2, p. 276–292, 2017.
- DAL BOSCO, T. C. Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas
- FILHO, J. A. FERTIRRIGAÇÃO DO ALGODOEIRO COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO. 2010. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO, 2010.
- JOSÉ, J. et al. Alterações Químicas em Argissolo Cultivado com Mamona após aplicação de Chorume via Fertirrigação. In: 1, 2013.
- KIEHL, E. J. Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto.
- LIMA, M. F. de. PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE LODO DE ESGOTO EM CONDIÇÕES MESOFÍLICAS E TERMOFÍLICAS. 2015. Universidade Federal de

Pernambuco, 2015.

MASSUKADO, L. M. Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. n. October, p. 182, 2008.

MORGANTI, P. Bionanotechnologies & Goods for a Greener Planet. ResearchGate, n. October, p. 52–56, 2015.

OLIVEIRA, R. D. e. Geração de energia elétrica a partir do biogas produzido pela fermentação anaeróbica de dejetos em abatedouros e as possibilidades no mercado de carbono. 2009.

RECESA. Gestão integrada de resíduos sólidos- Resíduos sólidos urbanos. 2ª. Edição ed.

REQUE, P. T. Avaliação da biodegradabilidade de lixiviado de aterro sanitário e doméstico em um sistema biológico de tratamento de efluentes. 2015. 2015.

SERAFIM, A. C. et al. CHORUME, IMPACTOS AMBIENTAIS E POSSIBILIDADES DE TRATAMENTOS. 2003.

SCHELLINKHOUT, A; LETTINGA, G.; van VELSEN, A.F.M.; LOUWE KOOIJMANS, J.; RODRIGUEZ, G. P. The application of the UASB reactor for direct treatment of domestic wastewater under tropical conditions. Anaerobic Treatment of Sewage Seminar Massachusetts: Proceedings, p. 259-276, 1985.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. Ma.; MARQUES, A. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. Eclética Química, v. 22, p. 11, 1997.

VIVIANA MARIA ZANTA, C. F. A. F. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. ResearchGate, v. 2, n. 12, p. 275, 2012.

WILLIANE VIEIRA MACÊDO<sup>1</sup>, G. P. L.; RODRIGO MAIA VALENÇA<sup>3</sup>, GUILHERME BASTOS LYRA<sup>4</sup>, E. L. C. D. A. USO DO EFLUENTE DE UM BIODIGESTOR ANAERÓBIO COMO BIOFERTILIZANTE NO CULTIVO DE TOMATE CEREJA. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC ' 2017 Hangar Convenções e Feiras da Amazônia - Belém - PA, 2017.

ZHANG, Q.; HU, J.; LEE, D. J. Biogas from anaerobic digestion processes: Research updates. Renewable Energy, v. 98, p. 108–119, 2016.